Aus der Medizinischen Universitäts-Poliklinik Frankfurt a. M.
(Direktor: Professor Dr. M. Gänsslen)

Über Ausnutzungsversuche mit Weißbrot bei Zulage von Ballaststoffen unter Berücksichtigung des Sekretstickstoffes.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt am Main.

Vorgelegt von
EUGENIE KREUTER
aus Aschersleben.

Juni 1936.

Druckerei M. Jacobi, Frankfurt a. M.

Aus der Medizinischen Universitäts-Poliklinik Frankfurt a. M.
(Direktor: Professor Dr. M. Gänsslen)

Über Ausnutzungsversuche mit Weißbrot bei Zulage von Ballaststoffen unter Berücksichtigung des Sekretstickstoffes.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt am Main.

Vorgelegt von
EUGENIE KREUTER
aus Aschersleben.

Juni 1936.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
zu Frankfurt a. M.

Referent: Prof. Dr. W. Heupke
Dekan: Prof. Dr. M. Gänsslen

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547420_0055

Der Anbau des Weizens geht, wie wir aus prähistorischen Funden in den verschiedenen Teilen der Welt wissen, bis weit in die älteste Zeit zurück. In der Geschichte des Pflanzenanbaues wird der Roggen, die wichtigste deutsche Brotfrucht, sehr viel später erwähnt. Zum erstenmal nennt ihn Plinius, hundert Jahre nach Christi Geburt, und sagt von ihm, daß die Averner, ein Volk am Fuß der Alpen, ein dunkles Brot aus Roggen (secale) herstellen.

Die Zubereitungsart des Getreides hat verschiedene Entwicklungsstufen durchlaufen.

Es spricht manches dafür, daß die Körner in den frühgeschichtlichen Zeiten über dem Feuer geröstet und dann verzehrt wurden. Nach dem Rösten lassen sich die Spelzen durch Reiben der Körner zwischen den Handflächen leicht entfernen. Durch das Rösten findet wahrscheinlich eine oberflächliche Verkleisterung und Dextrisierung der Stärkekörner statt, wodurch die Kohlehydrate des Getreides leichter verdaulich werden. In der Volkskunde läßt sich diese Zubereitung bis in die letzten Jahrhunderte unserer Geschichte verfolgen. So heißt es in der lutherischen Bibelübersetzung: „und er legte ihr Sangen vor. Sie aß davon und wurde satt und ließ noch übrig." Die „Sangen" sind auf dem Felde über dem Strohfeuer geröstete Getreidekörner. Dieser Gebrauch hat sich mancherorts bis heute erhalten. So berichtet Maurizio von Volksstämmen in abgelegenen russischen Landstrichen, die diese Speise jetzt noch essen.

In der nächsten Entwicklungsstufe werden die Getreidearten in Form der Fladen zubereitet, die auch in unserer Zeit noch eine viel größere Verbreitung haben als das Brot. Unter Fladen versteht man ungesäuerte Gebäcke, die nur wenige Millimeter dick sind, und nicht wie das Brot durch Kohlensäure gelockert werden. Auch wir essen heute noch reichlich Fladen, die Eierkuchen und alle aus Mehl ohne Gärung bereiteten Speisen gehören zu den Fladengebäcken. Das auch jetzt so beliebte Knäckebrot ist eine uralte Dauerform des Fladens. Diese ungesäuerten Brote (Panis azymos) werden in den verschiedenen Erdteilen viel mehr benutzt als die der Gärung unterworfenen Gebäcke, die wir als Brot zu bezeichnen gewohnt sind. Auch in der Jetzt-

zeit kennt nur ein Drittel der Menschheit das Brot, während die übrigen Zweidrittel auf die ungesäuerten Gebäcke angewiesen sind.

Die Fladen können aus allen Getreidearten bereitet werden, aus Hafer, Gerste, Buchweizen, Hirse, Reis, Mais, Roggen und Weizen. Gute Brote aber lassen sich nur aus wenigen Getreidesorten backen, nämlich nur aus Roggen und Weizen. Der Grund hierfür liegt in physikalisch-chemischen Eigenschaften des Eiweißes der verschiedenen Getreidearten. Um dies zu verstehen, ist eine ziemlich genaue Kenntnis des Backvorganges erforderlich, den ich im Folgenden kurz beschreiben will.

Das Getreidekorn besteht aus drei Teilen: dem Keimling, dem Mehlkern und der Schale. Der Keimling ist sehr eiweiß- und mineralstoffreich, wird durch den Mahlvorgang vom Mehlkern getrennt und fällt der Kleie zu. Der Mehlkern selbst besteht aus zahlreichen in ein Zellulosegerüst eingebetteten Stärke- und Eiweißkörnchen, dem sogenannten Klebereiweiß. Bei der Teigbereitung quellen die Eiweißkörner auf und bilden ein feines Netzwerk, in dessen Maschen die Stärkekörner eingeschlossen sind. Zur Kleie gehören außer dem Keimling und der mehrschichtigen Samenschale, welche sich aus Zellulose und geringen Mengen von Hemizellulose, Proteiden und Fetten zusammensetzt, die Schale und Mehlkern trennende Aleuronschicht. Diese enthält neben Stärke, Lipoiden, Vitaminen und Mineralien sehr viel Eiweiß.

Das Lockerwerden des Teiges beruht auf einer Kohlensäureentwicklung, die im Teig vor sich geht. Die Teigteilchen werden dadurch auseinandergetrieben, und der Teig geht auf. Zur Anregung der Gasbildung sind vielerlei Verfahren üblich, für die Brotbereitung ist der Zusatz von Sauerteig das älteste. Man läßt den angemachten Teig einige Tage stehen, sodaß sich zahlreiche Bakterien ansiedeln können. Durch die Milchsäure, die durch die Tätigkeit der Milchsäurebakterien entsteht, werden die anderen Bakterien in ihrer Entwicklung gehemmt. Der Teig enthält nach einiger Zeit nurmehr Hefezellen und Milchsäurebakterien, welche die erforderliche Kohlensäure bilden.

Seit der Kenntnis der Bierbrauerei wird dem Brotteig statt Sauerteig meist Bierhefe zugesetzt, da diese den Teig viel feiner und gleichmäßiger auflockert.

Ein anderes Treibmittel ist das heute sehr oft verwandte Backpulver, welches besonders in der Kuchenbäckerei eine große Rolle spielt. Es besteht aus einer Mischung von Weinsteinsäure und Natriumbikarbonat, die ebenfalls Kohlensäure frei werden läßt.

Als Treibmittel können auch Pottasche, Eierklarschaum und Alkohol verwandt werden. Aber sie sind nicht für alle Gebäcke gleich gut geeignet.

Damit der Teig gut aufgeht, muß er eine gewisse Zähigkeit besitzen, andernfalls würde die bei der Gärung entstehende Kohlensäure entweichen oder zu größeren Gasblasen zusammentreten. Die erforderliche Zähigkeit verleiht dem Teig das Klebereiweiß, diese Eigenschaft besitzt aber nur das Eiweiß des Roggens und des Weizens in genügendem Maße. Der Teig, den man aus anderen Getreidearten herstellt, läßt größtenteils die Kohlensäure entweichen, sodaß man schlechte Gebäcke erhält. Aus diesem Grunde wurden in unseren Breiten die älteren Getreidearten wie Hirse, Hafer und Gerste aus der menschlichen Ernährung durch den Weizen und Roggen verdrängt.

Die Herstellung der Brote in unserem Sinne ist nach Maurizio nicht viel älter als 2000 Jahre. Dies scheint für Europa richtig zu sein. Im alten Babylonien und Aegypten sind vielleicht gegorene Gebäcke, die im wesentlichen unseren Broten entsprechen, hergestellt worden. Das ist bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich, da diese Völker bereits die Bierbrauerei und damit den Gärungsvorgang gekannt haben. Auf den Malereien der altägyptischen Gräber werden sehr häufig Gebäcke von sehr großem Dickendurchmesser dargestellt, die als Fladen hart und ungenießbar wären. Fladen sind zumeist nur wenige Millimeter dick. Dies spricht dafür, daß brotähnliche Gebäcke schon im Altertum zeitweise Verwendung fanden. Bis ins 10. Jahrhundert hinein scheinen in Deutschland die Fladen aus Brotgetreiden neben dem eigentlichen Brot viel verzehrt worden zu sein, denn die Urkunden dieser Jahrhunderte sprechen mehrfach von dem „Unteraschenbrot". Man versteht darunter ein Fladengebäck, das in der heißen Asche gebacken wurde. In der späteren Zeit hat das Brot den Fladen immer mehr verdrängt, aber das Brot, das wir heute essen, ist nicht das Brot, das unsere Vorfahren verzehrt haben.

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurde das Brot vorwiegend aus dem ganzen Korn gebacken. Nur ein verhältnismäßig kleiner Teil der äußeren Schale wurde in Gestalt der Kleie abgeschieden.

Mit der Entwicklung der Müllereitechnik, die zu Ausgang des 18. Jahrhunderts vor allem in Frankreich ausgebaut wurde, lernte man den Mehlkern besser von den äußeren Bestandteilen trennen, sodaß man ein immer weißeres Mehl erhielt, während ein stets wachsender Betrag als Kleie abgetrennt und zunehmend als Viehfutter verbraucht wurde. Das helle, weiße Brot, das man aus dem Mehlkern backen konnte, galt bald als leichter verdaulich und wertvoller als die gröberen Brote.

In Deutschland wurde bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts vorwiegend grobes Brot gegessen. Dann nahm auch bei uns der Verbrauch an hellen Broten zu. Dies wurde begünstigt

durch die Anschauungen der Ernährungsphysiologen der damaligen Zeit, welche die ersten Versuche über die Ausnutzung der verschiedenen Nahrungsmittel anstellten. Man verglich die Einfuhr an Nährstoffen mit der Ausfuhr der im Kot wieder ausgeschiedenen organischen Substanzen und stellte eine Bilanz zwischen Einfuhr und Ausfuhr auf. Diese Bilanz identifizierte man mit der Ausnutzung der Nahrungsmittel und betrachtete einen Nahrungsstoff als schlecht ausnutzbar, wenn ein hoher Gehalt an organischen Bestandteilen im Kot nachweisbar war.

Wenn feine und grobe Brotsorten aus demselben Korn miteinander verglichen wurden, ergab sich, daß die Stuhlmenge nach groben Broten wesentlich größer war, als nach hellen Broten. Gleichzeitig stieg der Betrag an stickstoff- und fetthaltigen Bestandteilen, die im Stuhl vorhanden waren.

Aus den in der Literatur niedergelegten, zahlreichen Versuchen ergibt sich, daß bei dieser Bilanzberechnung nach groben Broten zwei- bis dreimal so viel Kohlehydrate, die zwei- bis dreifache Menge Stickstoff und der doppelte Betrag an Fettsubstanzen im Stuhl vorhanden ist als nach feinen Broten.

Wenn man Bilanz und Ausnutzung gleichsetzt, muß man zu dem Schluß kommen, daß die feinen Brote sehr viel besser verwertet werden als die groben Brote.

Diese Berechnung wird aber den wirklichen Verhältnissen nicht gerecht. Der größte Teil der Kohlehydrate, welche nach groben Broten im Stuhl ausgeschieden werden, besteht nicht aus Stärke oder den Abbauprodukten der Stärke, sondern aus Zellwandsubstanzen, die zum Teil unverdaulich und deshalb gar nicht mit in die Bilanz hereinbezogen werden dürften. Dies gilt für Zellulose, Lignine und einen Teil der Hemizellulosen.

Mit den stickstoffhaltigen Verbindungen verhält es sich ähnlich. Der Stickstoff, der im Stuhl enthalten ist, entstammt zwei Quellen. Er setzt sich zusammen aus unausgenütztem Nahrungsstickstoff und aus den Stickstoffverbindungen, die von der Darmwand abgegeben werden und mit dem Stuhl zur Ausscheidung gelangen. Die Stickstoffverbindungen, welche aus den Darmsekreten kommen, können aber nicht als Verlust des Nahrungseiweißes angesehen werden, sondern müssen vor Berechnung der wahren Ausnutzung von dem Kotstickstoff abgezogen werden.

Man hat das nicht gemacht und Ausnutzung und Bilanz identifiziert. Daraus ergeben sich notwendigerweise mancherlei Fehlschlüsse, auf die bereits Prausnitz hingewiesen hat. Es ist anzunehmen, daß bei einer schlackenreichen Kost, die ein großes Stuhlvolumen liefert, eine wesentlich größere Menge Sekretstickstoff ausgeführt wird, als bei ballastarmer Nahrung, bei der die Stuhlmenge geringer ist. Theoretisch gesehen ist sogar

der Fall denkbar, daß bei schlackenreicher Kost mehr Stickstoff im Stuhl erscheinen kann, als in der Nahrung enthalten war. Dann wird man, wenn man Bilanz und Ausnutzung verwechselt, eine Ausnutzung von weniger als Null, also einen ganz unmöglichen Wert berechnen, während die wahre Ausnutzung des Eiweißes sogar recht gut sein kann. Es existieren in der Literatur tatsächlich derartige Versuche. So wird im Handbuch der Ernährungslehre von Noorden-Salomon ein Versuch H. Salomons angeführt, wonach dieser über drei Tage nur Dörrpflaumen verzehrte. Der Stickstoffgehalt der eingeführten Nahrung betrug pro Tag 1,7 g, während mit dem Kot täglich 2,33 g ausgeschieden wurden.

Dieser und andere Versuche beleuchten klar die Notwendigkeit, den Sekretstickstoff vom Kotstickstoff zu trennen. Andernfalls kann man die wirkliche Ausnutzung nicht berechnen.

Heupke hat diese Frage wieder aufgegriffen und durch eine Reihe Versuche zeigen können, daß die Größe des Sekretstickstoffes im großen und ganzen der Größe der Stuhlmenge parallel geht.

Wenn bei einer gut resorbierbaren Kost, die ähnlich wie die Schmidt-Straßburgersche Probekost zusammengesetzt ist, die Stuhlmenge durch Zulage von Ballaststoffen fortlaufend vergrößert wird, dann steigt bei praktisch gleicher Stickstoffzufuhr der Kotstickstoff infolge Erhöhung des Sekretstickstoffes dauernd an, wie sich aus der beigefügten Tabelle von Heupke ersehen läßt:

Versuch	N Einfuhr pro Tag	Stuhlmenge pro Tag	N im Stuhl pro Tag	N % im Stuhl
1	14,774 gr.	26,6 gr.	1,615 gr.	6,566 %
3	14,908 gr.	32,9 gr.	1,902 gr.	5,781 %
4	14,837 gr.	43,5 gr.	2,367 gr.	5,442 %
2	14,942 gr.	51,8 gr.	3,291 gr.	6,350 %

Wenn man Bilanz und Ausnutzung gleichsetzt, berechnet man eine umso schlechtere Verwertung des Nahrungsstickstoffes bei gleichbleibender Einfuhr an gut verdaulicher Nahrung, je höher des Stuhlvolumen ansteigt.

Da bei diesen Versuchen noch eingewandt werden könnte, daß in der Tat das Nahrungseiweiß durch die Zulage der Ballaststoffe schlechter ausgenutzt worden sei, unternahm Heupke gemeinsam mit Belz weitere Versuche. In diesen Versuchen wurde die Kost von vornherein so zusammengestellt, daß die Stickstoffausfuhr mit dem Kot stets größer war als die Stickstoffeinfuhr mit der Nahrung. In der folgenden Tabelle wurden die Versuchsergebnisse von Heupke und Belz übersichtlich geordnet:

Versuch	N Einfuhr pro Tag	Stuhlmenge pro Tag	N im Stuhl pro Tag	N % im Stuhl
1 B.	0,306 gr.	13,5 gr.	0,743 gr.	5,504 %
3 H.	0,343 gr.	15,75 gr.	0,884 gr.	5,612 %
6 H.	0,456 gr.	25,33 gr.	1,278 gr.	5,045 %
5 H.	0,709 gr.	27,5 gr.	1,376 gr.	5,004 %
4 H.	0,340 gr.	31,5 gr.	1,476 gr.	4,686 %
2 B.	0,662 gr.	39,5 gr.	1,261 gr.	3,078 %

Die Versuche zeigen, daß wirklich die Stickstoffausfuhr durch den Kot von der Zufuhr des Nahrungsstickstoffes unabhängig ist. Der Stickstoffgehalt des Kotes aber steigt mit der Größe der Stuhlmenge an.

Als Stickstoffträger wurden in diesen Versuchen außer Aepfeln nur Mondamin und Butter verwandt. Aus anderen Versuchen aber ist bekannt, daß der Stickstoff dieser Nahrungsmittel fast vollständig aufgesaugt wird. Der Kotstickstoff muß also zum größten Teil aus Darmsekreten stammen und sogenannter Sekretstickstoff sein.

Diese Versuche ergeben, daß zur Bestimmung der wahren Resorption eines Nährstoffes die Größe des Sekretstickstoffes in Betracht gezogen werden muß, und daß die Menge des Sekretstickstoffes umso größer wird, je stickstoffärmer und ballastreicher die Kost ist.

Wenn man den Sekretstickstickstoff nicht berücksichtigt, wird man je nach den Versuchsbedingungen für das g l e i c h e Nahrungsmittel ganz willkürliche und wechselnde Ausnutzungswerte berechnen.

In Fortsetzung dieser Versuchsreihe habe ich einige Selbstversuche unternommen, wobei durch Zulage von Ballaststoffen das Stuhlvolumen vergrößert und die scheinbare Ausnutzung eines bekannt gut resorbierbaren Nahrungsmittels außerordentlich verschlechtert wurde.

Als gut resorbierbares Nahrungsmittel wurde Weizenbrot gewählt, das, wie wir wissen, beinahe 100 % ausgenutzt wird. Durch Zulage von wechselnden Mengen von Schlackenstoffen, die die Stuhlmenge vergrößerten, ließ sich zeigen, daß man, wenn man Bilanz und Ausnutzung identifizierte, Ausnutzungswerte für das Weizenbrot erhielt, die zwischen 85 % und 35 % schwankten. Theoretisch würde sogar eine Ausnutzung von annähernd Null % möglich sein. Da aber diese Versuche nicht so sehr angenehm durchzuführen sind, habe ich mich mit den obenerwähnten Werten begnügt.

Die Versuche wurden so angelegt, daß die Kost in wechselnder Weise verschiedene Mengen von Weizenbrot und Ballast-

stoffen enthielt. Als Ballaststoff wurde Aplona, ein Apfelpulver, verwandt. Alle Versuche erstreckten sich über vier Tage. Der Stuhl wurde mit Carmin abgegrenzt.

Der Stickstoffwert der eingeführten Nahrungsmittel wurde vorher chemisch analysiert und berechnet, die Werte ergeben sich aus der Tabelle:

1 gr. Mondamin	enthält	0,056 mgr. N
1 gr. Weizenbrot	enthält	11,48 mgr. N
1 gr. Aplona	enthält	1,82 mgr. N
1 gr. Butter	enthält	1,00 mgr. N
1 gr. Zucker	enthält	0,00 mgr. N

I. Versuch.

Im ersten Versuch wurde während vier Tagen eine gut verdauliche Kost, ohne Zulage jeder Ballaststoffe, verzehrt. Die Nahrung bestand in diesen Tagen aus Weizenbrot, Butter, Mondamin, Zucker und Tee.

Tägliche Einnahme:	
600 gr. Weißbrot	6,888 gr. N
100 gr. Butter	0,100 gr. N
50 gr. Mondamin	0,028 gr. N
40 gr. Zucker	0,000 gr. N
1000 gr. Teeaufguß	0,112 gr. N
	7,128 gr. N
Gesamteinnahmen in 4 Tagen:	
2400 gr. Weißbrot	27,552 gr. N
400 gr. Butter	0,400 gr. N
200 gr. Mondamin	0,112 gr. N
160 gr. Zucker	0,000 gr. N
4000 gr. Teeaufguß	0,448 gr. N
	28,512 gr. N
Gesamtausgaben in 4 Tagen:	
Gesamtfrischstuhl	322,00 gr.
Gesamttrockenkot	70,00 gr.
Gesamt N-Gehalt i. Kot	4,459 gr. N
Tägliche Ausgabe:	
Trockenstuhlmenge	17,5 gr.
Stickstoffgehalt	1,115 gr. N
Gesamtstickstoffeinfuhr in 4 Tagen	28,512 gr. N
Gesamtstickstoffausfuhr in 4 Tagen	4,459 gr. N

Bei der Aufstellung der Stickstoffbilanz ergibt sich:

Stickstoffverlust	15,639% N
Stickstoffverwertung	84,361% N

In diesem Versuch ist die bilanzmäßige Verwertung des Stickstoffes die gleiche wie in den zahlreichen Untersuchungen der Literatur über die Ausnutzung des Weizenbrotes. Der Stickstoffgehalt der Gesamteinfuhrberechnung zeigt, daß der Stickstoffträger der Kost fast ausschließlich das Brot war, da nur 240 Milligramm Stickstoff auf die anderen Nahrungsmittel entfielen.

Im nächsten Versuch wurde die Menge des Weizenbrotes vermindert und eine größere Ballaststoffmenge zugesetzt. Die Stickstoffeinfuhr sank somit, während das Stuhlvolumen vermehrt wurde. Entsprechend den obigen Ausführungen war zu erwarten, daß die Bilanzrechnung verschlechtert wurde.

II. Versuch.

Es wurden die gleichen Nahrungsmittel verzehrt, die Zusammensetzung der Kost blieb bestehen. Als Ballaststoff wurde 100 g Aplona zugesetzt.

Tägliche Einnahme:	
300 gr. Weißbrot	3,444 gr. N
150 gr. Butter	0,150 gr. N
50 gr. Mondamin	0,028 gr. N
100 gr. Zucker	0,000 gr. N
100 gr. Aplona	0,182 gr. N
1000 gr. Teeaufguß	0,112 gr. N
	3,916 gr. N
Gesamteinnahmen in 4 Tagen:	
1200 gr. Weißbrot	13,776 gr. N
600 gr. Butter	0,600 gr. N
200 gr. Mondamin	0,112 gr. N
400 gr. Zucker	0,000 gr. N
400 gr. Aplona	0,728 gr. N
4000 gr. Teeaufguß	0,448 gr. N
	15,664 gr. N
Tägliche Ausgabe:	
Trockenkotmenge	15,50 gr.
Stickstoffgehalt	0,96 gr. N
Gesamtausgaben in 4 Tagen:	
Gesamtfrischstuhl	185.00 gr.
Gesamttrockenkot	62,00 gr.
Gesamt N-Gehalt	3,84 gr. N

Gesamtstickstoffeinfuhr in 4 Tagen	15,664 gr. N
Gesamtstickstoffausfuhr in 4 Tagen	3,84 gr. N
Stickstoffbilanz:	
Stickstoffverlust	24,515% N
Stickstoffverwertung	75,485% N

Wie die Aufstellung der Stickstoffbilanz zeigt, ergibt sich gegenüber dem ersten Versuch bereits eine Ausnutzungsverschlechterung von 10%.

Im dritten Versuch wurde das Weißbrot als Hauptstickstoffträger derart verringert, daß es nur noch etwa zweidrittel der Gesamtstickstoffeinfuhr betrug. Im Vergleich zu dem vorstehenden Versuch wurde die Menge der Ballaststoffe erheblich vermindert.

III. Versuch.

Tägliche Einnahme:	
100 gr. Weißbrot	1,148 gr. N
150 gr. Butter	0,150 gr. N
100 gr. Mondamin	0,056 gr. N
30 gr. Aplona	0,0546gr. N
100 gr. Zucker	0,000 gr. N
1000 gr. Teeaufguß	0,112 gr. N
	1,5206gr. N
Gesamteinnahmen in 4 Tagen:	
400 gr. Weißbrot	4,592 gr. N
600 gr. Butter	0,600 gr. N
400 gr. Mondamin	0,224 gr. N
400 gr. Zucker	0,000 gr.N
120 gr. Aplona	0,2184gr. N
4000 gr. Teeaufguß	0,448 gr. N
	6,0824gr. N
Tägliche Ausgabe:	
Trockenkotmenge	8,25 gr.
Stickstoffgehalt	0,50 gr. N
Gesamtausgaben in 4 Tagen:	
Gesamtfrischstuhl	140,00 gr.
Gesamttrockenkot	33,00 gr.
Gesamt N-Gehalt	2,00 gr. N
Gesamtstickstoffeinfuhr in 4 Tagen	6,0824 gr. N
Gesamtstickstoffausfuhr in 4 Tagen	2,00 gr. N

Stickstoffbilanz:	
Stickstoffverlust	32,882% N
Stickstoffverwertung	67,118% N

In diesem Versuch ist, wie der Vergleich der Zahlen ergibt, die Bilanz noch weiter verschlechtert.

Die Kost im nächsten Versuch wird äußerst stickstoffarm gehalten. Es wurden nur noch 50 g Weizenbrot täglich gegessen, während die Ballaststoffe erheblich vermehrt wurden.

IV. Versuch.

Tägliche Einnahme:	
50 gr. Weißbrot	0,574 gr. N
150 gr. Butter	0,150 gr. N
100 gr. Mondamin	0,056 gr. N
100 gr. Zucker	0,000 gr. N
100 gr. Aplona	0,182 gr. N
1000 gr. Teeaufguß	0,112 gr. N
	1,074 gr. N
Gesamteinnahmen in 4 Tagen:	
200 gr. Weißbrot	2,296 gr. N
600 gr. Butter	0,600 gr. N
400 gr. Mondamin	0,224 gr. N
400 gr. Zucker	0,000 gr. N
400 gr. Aplona	0,728 gr. N
4000 gr. Teeaufguß	0,448 gr. N
	4,294 gr. N
Tägliche Ausgabe:	
Trockenkotmenge	12,5 gr.
Stickstoffgehalt	0,69 gr.
Gesamtausgaben in 4 Tagen:	
Gesamtfrischstuhl	202,00 gr.
Gesamttrockenkot	50,00 gr.
Gesamt N-Gehalt i. Stuhl	2,76 gr.
Gesamtstickstoffeinfuhr in 4 Tagen	4,294 gr. N
Gesamtstickstoffausfuhr in 4 Tagen	2,76 gr. N
Stickstoffbilanz:	
Stickstoffverlust	64,247% N
Stickstoffverwertung	35,753% N

Bei diesem Versuch ergibt sich die merkwürdige Beobachtung, daß die geringe Brotmenge von 50 g täglich im Bilanzver-

such viel schlechter ausgenutzt wird als eine Brotportion von 600 g im ersten Versuch.

V. Versuch.

Der Versuch dauerte vier Tage. Die Nahrungsmittel waren die gleichen wie in den übrigen Versuchen, als Ballaststoff wurde wieder Aplona angewandt. Der Anteil des Weißbrotes beträgt in der Kost als Stickstoffträger zweidrittel des Stickstoffes der Einfuhr.

Tägliche Einnahme:	
100 gr. Weißbrot	1,148 gr. N
150 gr. Butter	0,150 gr. N
100 gr. Mondamin	0,056 gr. N
100 gr. Zucker	0,000 gr. N
100 gr. Aplona	0,182 gr. N
1000 gr. Teeaufguß	0,112 gr. N
	1,648 gr. N
Gesamteinnahmen in 4 Tagen:	
400 gr. Weißbrot	4,592 gr. N
600 gr. Butter	0,600 gr. N
400 gr. Mondamin	0,224 gr. N
400 gr. Zucker	0,000 gr. N
400 gr. Aplona	0,728 gr. N
4000 gr. Teeaufguß	0,448 gr. N
	6,592 gr. N
Tägliche Ausgabe:	
Trockenkotmenge	17,25 gr.
Stickstoffgehalt	1,093 gr.
Gesamtausgaben in 4 Tagen:	
Gesamtfrischstuhl	311,00 gr.
Gesamttrockenkot	69,00 gr.
Gesamt N-Gehalt	4,361 gr. N
Gesamtstickstoffeinfuhr in 4 Tagen	6,592 gr. N
Gesamtstickstoffausfuhr in 4 Tagen	4,361 gr. N
Stickstoffbilanz:	
Stickstoffverlust	66,156% N
Stickstoffverwertung	33,844% N

Obwohl die Eiweißzufuhr in diesem Versuch größer ist als in Versuch IV, verschlechtert sich die Bilanz, weil die Stuhlmenge ansteigt.

Der besseren Uebersicht halber habe ich alle Versuche in einer Tabelle zusammengestellt. In die Tabelle wurden die täg-

liche Stickstoffeinfuhr, die tägliche Stickstoffausfuhr, die Stuhlmenge pro Tag, der Stickstoffgehalt des Kotes in Prozenten berechnet und schließlich noch die aus den Versuchen sich ergebende Verwertung des Weizenbrotstickstoffes aufgenommen.

Versuch	Stuhlmenge pro Tag	N Einfuhr pro Tag	N Ausfuhr pro Tag	N % i. Stuhl	Verwertung des Stickstoffes i. d. Bilanz
1	17,5 gr.	7,128 gr.	1,142 gr.	6,39%	84,361%
2	15,5 gr.	3,916 gr.	0,960 gr.	6,19%	75,485%
3	8,26 gr.	1,525 gr.	0,500 gr.	6,06%	67,118%
4	12,5 gr.	1,074 gr.	0,690 gr.	5,52%	35,753%
5	17,25 gr.	1,648 gr.	1,091 gr.	6,32%	33,844%

Bei der Betrachtung dieser Tabelle zeigt sich, daß die tägliche Stickstoffeinfuhr zwischen 7,128 g und 1,074 g schwankt. Der Stickstoff aus Weizenbrot beträgt im Versuch I ca. 90% des Gesamtstickstoffes und sinkt in Versuch IV bis auf 50% ab. Wir können an Hand anderer Versuche annehmen, daß die Stickstoffverbindungen der Butter und des Mondamins sowie der größte Teil der Stickstoffverbindungen des Tees, die im wewesentlichen dem Coffein des Tees angehören, fast ohne Rest resorbiert werden. Auch die Stickstoffverbindungen aus dem Apfelpulver werden beinahe vollständig aufgesaugt, da nach Rubners Versuchen nur 2,5% der Kalorien im Kot nach dem Verzehr von Aepfeln auf Nahrungsrückstände entfallen.

Der Kotstickstoff in meinen verschiedenen Versuchen stammt daher entweder aus unverdauten Resten des Broteiweißes o d e r aus den Darmsekreten.

Wenn wir n u r die Bilanz betrachten, dann zeigt sich, daß die bilanzmäßige Verwertung des eingeführten Stickstoffes sehr ungleichmäßig ist und zwischen 85% und 34% schwankt. Der Verlust in der Bilanzrechnung bewegt sich bei dem g l e i c h e n Nahrungsmittel zwischen 15% und 66%. Der Verlust wird sogar umso größer, je weniger Brot gegessen wird, während man doch erwarten sollte, daß die Ausnutzung umso besser sein müßte, je geringer die verzehrte Brotmenge ist.

Außerdem wissen wir aus den zahlreichen Versuchen der Literatur, daß die Ausnutzung des Weizenbrotes mindestens 90% beträgt. Aus diesen Ueberlegungen und den Versuchen von Heupke folgt, daß der Kotstickstoff in diesen Versuchen größtenteils aus den Darmsekreten stammt. Im gleichen Sinne läßt sich die Tatsache verwerten, daß der Prozentgehalt des Trockenkotes an Stickstoff ziemlich konstant ist, immer um ca. 6% schwankt und völlig unabhängig von der Stickstoffzufuhr ist.

Dies könnte niemals der Fall sein, wenn nicht der größte Teil des Kotstickstoffes aus den Darmsekreten stammen würde.

Die Menge des Kotstickstoffes, die pro Tag ausgeschieden wird, geht in meinen Versuchen mit der Stuhlmenge parallel.

Infolgedessen ist, wie die Versuche zeigen, die Stickstoffbilanz umso schlechter, je größer die Stuhlmenge und je niedriger die Stickstoffzufuhr ist.

Wir können deshalb die wirkliche Ausnutzung nur berechnen, wenn wir den Sekretstickstoff, der ja nicht aus der Nahrung stammt, von dem Kotstickstoff in Abzug bringen. Die Menge des Sekretstickstoffes läßt sich nicht genau errechnen, aber aus den oben angeführten Versuchen von Heupke und Belz ergibt sich. daß auf 20 g Trockenstuhl ungefähr 1 g Sekretstickstoff entfällt.

Wenn wir diesen Wert entsprechend von der Trockenkotmenge in Abzug bringen, berechnet sich für das Weißbrot in den einzelnen Versuchen der in der Tabelle angegebene, ungefähre Ausnutzungswert:

Versuch	Trockenkotmenge pro Versuch	N I, Stuhl pro Versuch	Anteil des errechneten Sekret-N am Kotstickstoff	Kotstickstoff minus Sekretstickstoff	Wirkliche Ausnutzung des Nahrungsstickstoffes
1	70,0 gr.	4,459 gr.	3,5 gr.	0,959 gr.	96,637%
2	62,0 gr.	3.840 gr.	3,1 gr.	0,740 gr.	95,276%
3	33,0 gr.	2,000 gr.	1,65 gr.	0,350 gr.	94,246%
4	50,0 gr.	2,760 gr.	2,5 gr.	0,260 gr.	93,945%
5	69,0 gr.	4,361 gr.	3,45 gr.	0,911 gr.	86,180%

Diese Zahlen der wirklichen Ausnutzung sind natürlich keine absoluten Zahlen, da wir das Verhältnis des Sekretstickstoffes zum unausgenutzten Stickstoff der Nahrung im Einzelfall nicht genau berechnen können, sondern nur zu schätzen vermögen.

Für praktische Zwecke muß uns dies aber vorerst genügen. Die Berechnung zeigt, daß das Eiweiß des Weizenbrotes in allen Versuchen wirklich sehr gut ausgenutzt ist, und daß der größte Teil des Kotstickstoffes auf den Sekretstickstoff der Darmwand entfällt.

Was ist nun eigentlich der Sekretstickstoff? Er stammt aus stickstoffhaltigen Verbindungen, die der Körper durch den Darm ausscheidet. Solche sind zum Beispiel Ammoniaksalze, Schleim, Gallensäuren und der Bakterienstickstoff. Sie haben bestimmt nicht alle die gleiche Wertigkeit wie der Nahrungsstickstoff. Sehr wahrscheinlich ist der Körper nicht in der Lage, aus ihnen vollwertiges Körpereiweiß aufzubauen.

Inwiefern stellt nun die vermehrte Abgabe von Sekretstickstoff einen Stickstoffverlust dar?

Der Stickstoff, welcher mit der Nahrung eingeführt wird, verläßt den Körper als Harnstoff und in Form ähnlicher Verbindungen mit dem Harn. Ein weiterer Teil wird als Sekretstickstoff durch den Darm, ein geringer Betrag schließlich durch die Haut mit dem Schweiß und den abgestoßenen Epithelien abgegeben.

Wenn der Körper nur soviel Stickstoff mit der Nahrung erhält, daß er sich gerade im Stickstoffminimum halten kann, stellt die vermehrte Abgabe von Sekretstickstoff durch den Darm einen Stickstoffverlust für den Körper dar, wenn der Organismus in der Lage sein sollte, aus dem Sekretstickstoff wieder körpereigenes Eiweiß aufzubauen. Dies ist allerdings nicht sicher bekannt.

Wenn mit der Nahrung aber mehr Eiweiß zugeführt wird, als der Körper braucht — und dies ist gewöhnlich der Fall — dann wird der Ueberschuß an Stickstoffverbindungen als Harnstoff mit dem Urin abgegeben. In diesem Falle ist es gleichgültig ob 1 oder 2 g Stickstoff täglich mit dem Stuhl als Sekretstickstoff abgesondert werden, und dafür die Harnstoffausscheidung mit dem Urin von beispielsweise 14 g auf 12 g absinkt. Der Körper erhält in diesem Falle mehr Stickstoff als er unbedingt benötigt. Es stellt für ihn in gewissem Sinne sogar eine Entlastung dar, wenn er die Bestandteile des Sekretstickstoffes nicht noch in Harnstoff umzuwandeln braucht.

Unter gewöhnlichen Umständen stellt daher eine vermehrte Abgabe von Sekretstickstoff keinen Verlust für den Körper dar.

Aus diesen Versuchen folgt in praktischer Hinsicht, daß die Ausnutzung der Weizenvollkornbrote besser ist, als sie gewöhnlich angesehen wird. Die Weizenvollkornbrote liefern infolge ihres höheren Gehaltes an Schlackenstoffen eine größere Stuhlmenge. Deshalb ist auch der Anteil des Sekretstickstoffes im Stuhl vermehrt. Wenn er in Abzug gebracht wird, ist die wirkliche Ausnutzung des Eiweißes der Vollkornweizenbrote annähernd ebenso gut wie die der feinen Brote.

Mit dieser Auffassung stimmen die Angaben von Heupke sehr gut überein, daß die Verdauungsfermente aus den uneröffneten Zellen der Weizenkleie den größten Teil des Eiweißes herauszulösen vermögen.

Diese Erkenntnis ist deshalb wichtig, weil die groben Brote besonders in den Aleuronzellen im Gegensatz zu den Fein-Broten eine Reihe wertvoller Bestandteile enthalten, wie Lipoide, Mineralsalze und Stärke, besonders reichlich aber das schon erwähnte Eiweiß. Eine besondere Bedeutung gewinnt die Kleie noch durch den Reichtum an Vitaminen, vor allem an Vitamin B, worauf Scheunert in einer kürzlich erschienenen Arbeit hinweist. Nach

Scheunert wird der volle Vitamin B-Bedarf nur gedeckt, wenn unsere Kost grobes Brot enthält.

Darüber hinaus hat das grobe Brot noch weitere Vorzüge. Das Vollkornbrot setzt wegen seiner groben Beschaffenheit eine gründliche Kautätigkeit voraus. Diese starke Inanspruchnahme der Zähne kräftigt sie und wirkt als natürliches Reinigungsmittel.

Die Vollkornbrote vermehren durch ihren großen Gehalt an Rohfaser, der sich aus schwer verdaulichen Zellulosen, Hemizellulosen und Ligninen zusammensetzt, das Stuhlvolumen beträchtlich und wirken anregend auf die Darmperistaltik. Sie sind damit ein wirksames Heilmittel zur Bekämpfung der habituellen Obstipation, worauf v. Noorden schon vor Jahren hingewiesen hat. Auch aus diesem Grunde sollte die Verwendung der groben Brote gefördert werden.

Zusammenfassung.

In fünf Selbstversuchen wurde nachgewiesen, daß bei der Ernährung mit Weißbrot die Stickstoffbilanz zwischen der Einfuhr mit der Nahrung und der Ausfuhr durch den Stuhl in weiten Grenzen je nach der Versuchsanordnung schwankt. Die Bilanz wird umso schlechter, je größer die Stuhlmenge und je niedriger die Brotmenge ist.

Wenn man Bilanz und Ausnutzung identifiziert, erhält man völlig inkonstante Werte.

Um die wirkliche Ausnutzung zu berechnen, muß man den Sekretstickstoff von dem Kotstickstoff abziehen.

Herrn Privat-Dozent Dr. med. W. Heupke danke ich hiermit ergebenst für die Ueberlassung des Themas und für seine weitgehende Unterstützung.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. M. Gänsslen, danke ich für die gütige Erlaubnis, daß ich die Versuche in seiner Klinik durchführen durfte.

Maurizio, A.: Die Geschichte unserer Pflanzennahrung. Berlin 1927.

Prausnitz, W.: Zeitschr. für Biologie, 1897. Bd. 35, S. 335.

Rubner, M.: Arch. f. (Anat.) und Physiologie. 1916. S. 237. 1917. S. 245.

v. Noorden-Salomon: Handbuch der Ernährungslehre, Bd. 1, 1920.

Schmidt-Straßburger: Die Faezes d. Menschen. Bln. 1915.

Heupke, Wilh.: Die Verdaulichkeit des Eiweißes der Kleie. „Leib und Leben", 1936, Heft 3.

—: Eindringen und Wirkung von Verdauungsfermenten in Zellen der pflanzlichen Nahrungsmittel. „Med. Klinik", 1935, Nr. 28.

—: Ueber die Sekretion und Excretion des Dickdarms. Zeitschrift f. exper. Medizin 1931, S. 83.

—: Bemerkungen zur Brotfrage. Arch. f. Hygiene, Bd. 108, 1932, S. 341.

—: Stickstoffausnutzung und Stickstoffbilanz der Nahrungsmittel im Stuhl. Verh. d. dtsch. Gesellschaft f. innere Medizin 1933, Bd. 45, S. 420.

—: Ueber die Abhängigkeit der Menge des Kotstickstoffes von der Größe des Stuhlvolumens. Arch. f. Hygiene, Bd. 111, 1934, S. 188.

Heupke, Wilh.
zus. m. Belz: Die Menge des Sekretstickstoffes im Stuhl und die Eiweißausnutzung der Nahrung. Arch. f. Hygiene, Bd. 114, S. 56, 1933.

Lebenslauf.

Am 11. Januar 1909 wurde ich zu Solingen als Tochter des Regierungsrates Josef Kreuter geboren. Ich besuchte das Reformrealgymnasium zu Düsseldorf und bestand dort Ostern 1930 das Abiturientenexamen. Ich studierte in Marburg, Hamburg und Frankfurt und bestand am 21. November 1935 das Staatsexamen in Frankfurt am Main.

Zurzeit bin ich als Medizinalpraktikantin in der Medizinischen Universitätspoliklinik in Frankfurt am Main tätig.